洋菇堆肥製作與生產管理技術

宋細福　許玲卿　臺灣省農業試驗所

摘　要　為達到省時、省工、節省成本及增加單位面積產量之目的，國內外之學者有一共同研究並予推廣之趨向：即是將早期洋菇堆肥室外堆積30天左右之方法[10]，漸漸演進改為堆積21、16、7、5、1天[1.2.12.16.17]，甚至有完全取消室外堆積，只實施室內菇床上醱酵之方法[9]，這種方法，有依靠延長後醱酵而達到促使堆肥完熟之目的者[18]，亦有以加入特殊催化劑（Activator）[4]或以特殊切碎及加溫後發酵方法[9]達到堆肥快速發酵完熟之目的，這些方法中，洋菇產量有的初步可達 180～200 kg/噸堆肥，折合約為 64～71 kg/坪[9]，亦有利用隧道控制發酵方法，使產量高達 329 kg/噸堆肥，折合約為117kg/坪者[7]。

在栽培管理方面：配合本省特有之氣候環境因素，發展出洋菇覆土後之灑水、控溫及調氣方法[6.18]，促使大量形成子菇，並分期出菇，使單位面積產量最高者達120公斤／坪。

惟本省洋菇栽培，完全是配合自然氣候下進行，故時有部分因氣候因素，使菌絲生長期間床溫高過 28°C，故菇蕾形成之數日溫度過高，而致誘發腦菌病及大量幼菇死亡之現象，影響產量至鉅，尚有待研究改良，以期達到更完美可靠之生產方法。

一、洋菇堆肥製作方法之演變

(一) 本省之演變

洋菇（*Agaricus bisporus*），在本省於1953年，由臺灣省農業試驗所着手引進研究栽培，至目前1988年止，其間堆肥製作方法之演變，大致可以分為：

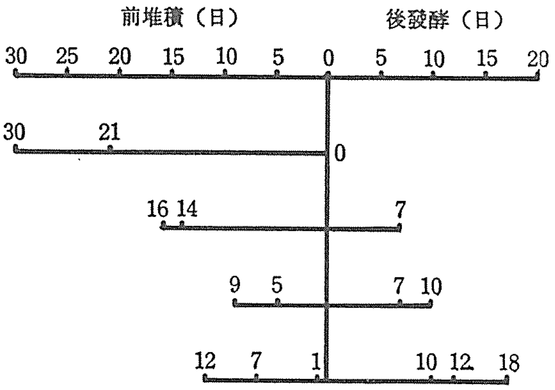
1. 早期堆肥期[10]，2. 長期醱酵期[12]，3. 短期醱酵期[16]及 4. 菌床醱酵期[17.18]等四個階段，在以上之發展過程中，因配合品種及栽培技術之改良，不但在人工及成本方面逐期得以大幅減少，且在單位面積產量方面，也有明顯的提高。

早期堆肥，自民國四十二年至五十五年（1953至1966年）止，由最早堆製三十天，漸漸改為堆製二十一天[10]，不實施後醱酵即行下種栽培，當時因尚採手工切草，長度都在1尺以上，甚至還有不予切斷，保持二～三尺原稻草之長度，即行加水堆積者，故需翻堆六至七次，50坪份之堆肥需翻堆人工42至49工，而產量只有8至18公斤／坪。至民國五十六年至六十二年（1967～1973年），實施長期醱酵後[12]，因已採用機械切草，長度在五寸左右，故堆積時間也縮短為十四至十六天，人工也減為30至36工，此期雖因實施後醱酵，需多用燃油100至200公升／50坪／棟，但一般產量却由前期之8至18公斤／坪，一躍而達25至35公斤／坪。

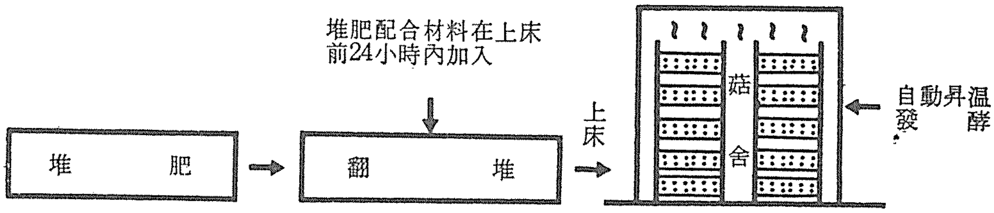
到民國六十三年至七十二年（1974至1983年），推廣短期醱酵[13]，更將稻草切爲一寸左右，堆積時間更減爲五至九天，人工減爲 8 至12工，產量達45至60公斤／坪。

目前民國七十三年（1984年）後，擬推廣「菌床醱酵」[17,18]，本方法可依栽培者之設備，習慣或工作調配之需要，將稻草堆肥材料，加水堆積一天或七天，甚至十二天以上，然後在堆肥上床前24小時內，將配合材料一次加入堆肥中混拌均勻後，隨即上床，進行後醱酵，後醱酵時間，依前堆積時間及後醱酵微生物成長狀況而定，一般前堆積十二天者，後醱酵十天以上；前堆積七天者，後醱酵十二天以上，前堆積一天者，後醱酵十八天以上。本方法，因翻堆次數只需一至二次，故翻堆人工只需 4 至 8 工／50坪／棟。而在後醱酵之用油方面，因堆肥上床後，在菇舍中，可以自動昇溫醱酵，故用量很少，甚至在氣溫適當時間進行，可以完全不需用油加温，即可達到所需之溫度要求，不會如傳統醱酵方法，因配合材料需分期施用，且最後一次需經三至五天之堆積才能上床，而致熱量不够，一定需人工加温才能完成後醱酵之目的（表一、圖一、圖二）。

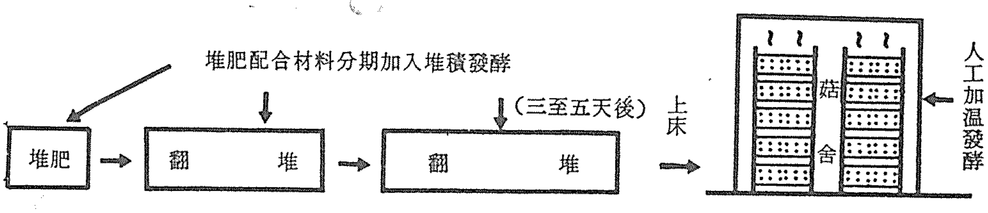
表一、本省洋菇堆肥堆製之演變概況



公元	翻堆次數	翻堆人工	燃油量 ℓ/棟	產量 kg/坪
1953–'66 早期堆肥	6—7	42–49	0	8–18
'67–'73 長期發酵	5—6	30–36	100–200	25–35
'74–'83 短期發酵	2—3	8—12	100–200	45–60
'83以後 菌床發酵	1—2	4—8	0–50	55–120



圖一、菌床發酵法示意圖



圖二、傳統堆積方法示意圖

（二）歐美地區之演變：

洋菇堆肥製作在歐美地區之演進，亦大致可爲：

1. 舊法堆肥期[9]：實施於1935年以前，一般需將堆肥材料堆積 25～30 天，平均產量50～70公斤／噸堆肥，以本省一般以350kg/坪堆肥用量折合約爲17～25kg/坪。

2. 新法堆肥期[9]：將堆肥材料堆積時間縮短爲 10～14 天，但在室外堆積後，再行後發酵處理一週左右，本方法至目前尚廣被採用。

3. 短期堆肥期[9]：由辛登一豪澤 (Sinden–Hausar) 所提出，將堆肥材料堆積時間更縮短爲 6 ～ 7 天，即予上床進行後醱酵，這種方法，因通常由於鷄糞轉化時間不够而致實施困難，或必需減量施用以配合縮短後醱酵之時間，但如此一來又有影響產量之嫌，故至目前實施者尚有許多不同之見解。

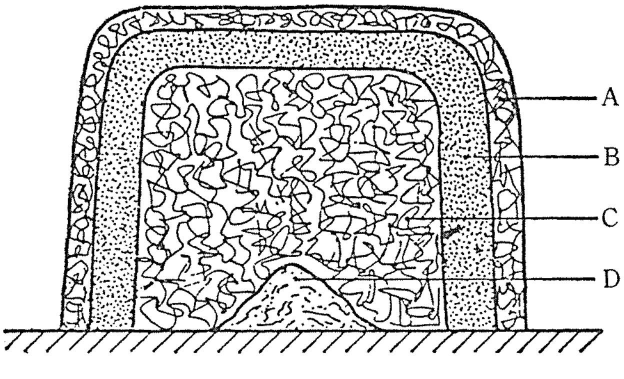
4. 快速堆製法[9]：這種方法是由法國 Delmas 和 Laborde 所創，其法是將馬廐肥切成 3～4cm 長，調至含水量達75%，氮含量1.8%，糖及石膏含量爲 5 %，裝床後即行後醱酵 3 ～ 4 天，其產量可達 180～200kg/噸堆肥，折合約爲 64～71kg/坪。

又英國 P. S. Perrin 與 R. H. Gaze 採用隧道醱酵法，使全部堆積醱酵時間縮短爲 5 天，在多種試驗處理中，最高產量可達 329kg/噸堆肥[7]，折合約 117kg/坪。目前又更進一步研究，將相同的堆肥生材料，應用於單區深槽系統 (Single Zone Deep trough) ，既將堆肥生料，塡入特設之深槽，經醱酵後即予下種栽培及生產採收。

二、洋菇堆肥堆積：

洋菇堆肥材料經預濕處理後，一般國內外之習慣上，都是堆成寬 1.8m ，高 1.5m 左右，長依地形而定之堆形以待醱酵處理。

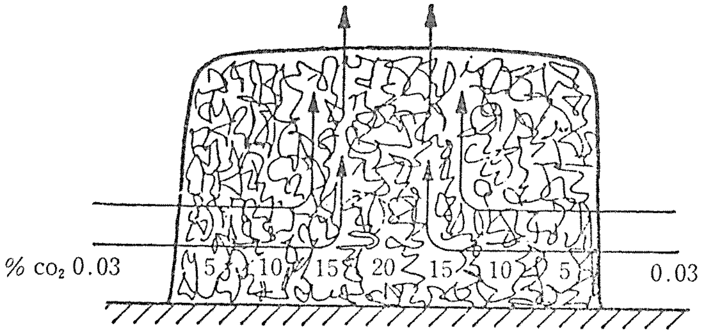
在堆積期間，堆內材料之變化情況，可以下圖作一表示。



圖三、堆肥材料堆積期間之分區狀況

A、外層，溫度低、不發酵區。
B、放射菌生長層、高溫、易失水，造成過乾區。
C、最佳發酵條件區。
D、嫌氣發酵區。

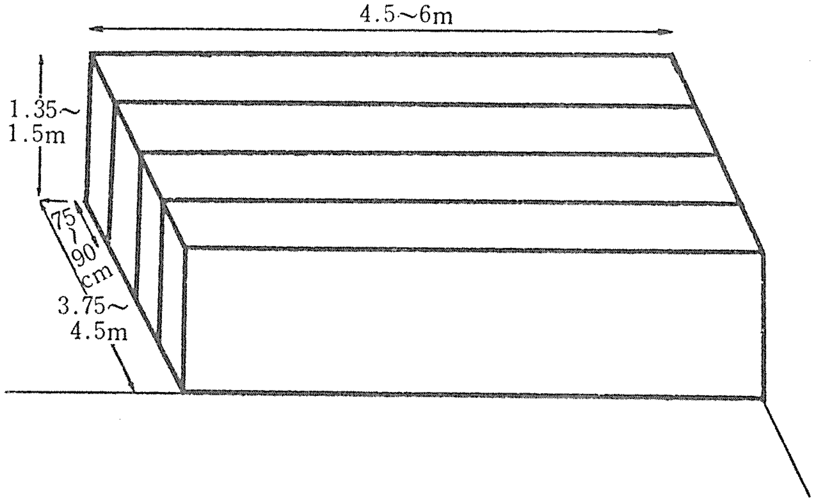
堆肥堆積期間，二氧化碳之含量是由外而內漸次增多，爲使堆內之氧氣不斷供應，乃端賴「烟囪效應」自動由堆外之空氣吸入堆內，進行正常之醱酵，惟經過數天後，堆



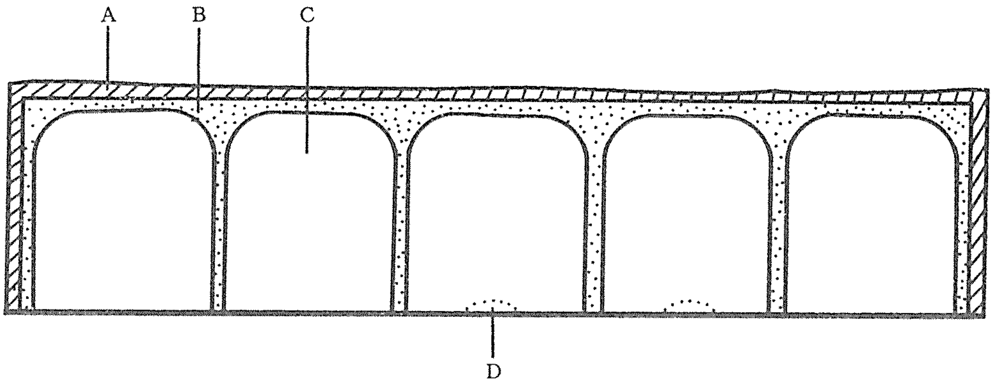
圖四、堆肥堆積期間二氧化碳之分佈及所謂「烟囱效應」示意圖。

料會漸漸緊實，而致通氣不良，堆溫下降，故須即予翻堆以增氧氣之供應。

本省洋菇堆肥，一般都是在室外堆積，爲增加「最佳醱酵區」，並減少「嫌氣醱酵區」及「外層不醱酵區」，筆者乃研究並推廣一種「小堆連堆堆積法」，得到相當良好之成效，如下圖。



圖五、小堆連堆堆積法外觀示意圖



圖六、「小堆連堆堆積法」堆肥材料堆積期間之分區狀況

說明：A、B、C、D 之代號與圖三同。

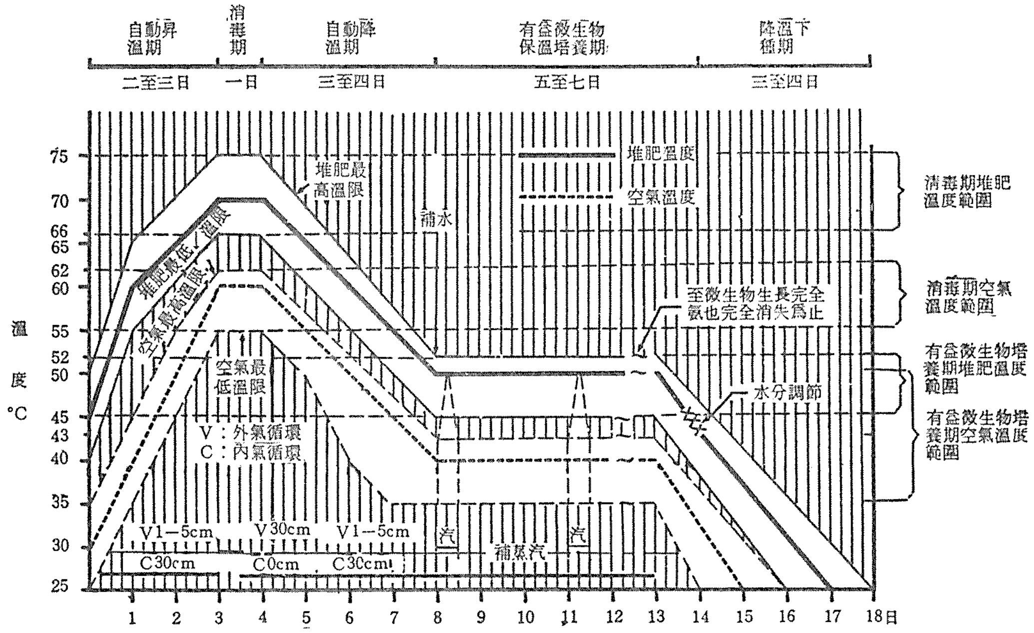
三、後醱酵

(一) 後發酵之目的：

洋菇堆肥堆積完成後，必需實施後醱酵，在後醱酵期間，除了利用高温減滅堆肥中有害病蟲原體外，還有培養有益之微生物及改變理化性，使適合於培養洋菇之目的。因此，洋菇堆肥後醱酵之得失，可以決定洋菇栽培之成敗，一般在前堆積時，如堆肥品質未達理想，在後醱酵期尚可施以適當的糾正，使其成爲好的堆肥；如果後醱酵實施不得法，不但不能改善不良堆肥之品質，反而會將堆積良好之堆肥變成不適栽洋菇之劣質堆肥，而致無可挽回減產之局面。

(二) 後醱酵溫度控制模式圖：

洋菇堆肥之後醱酵（第二次醱酵），因第一次堆積醱酵方法或後醱酵設備之不同而有相當的差異，茲將目前國內外採行之溫度控制模式圖列於下，以供參考。



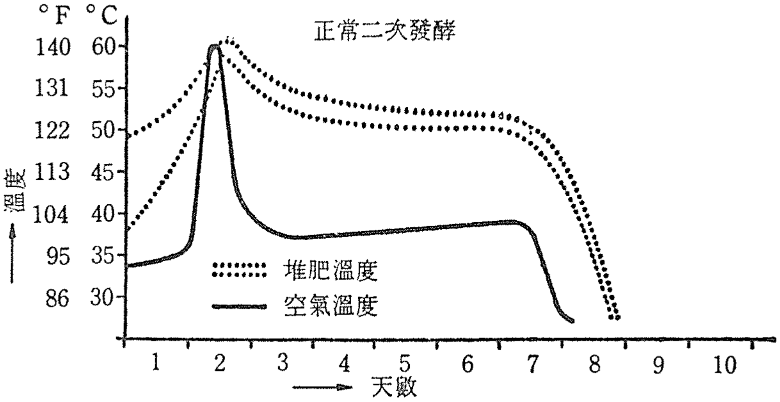
圖七、本省推廣之洋菇堆肥菌床醱酵，後醱酵之溫度控制模式。

本式後醱酵時，在堆肥上床後，一般正常的情況下，會自動醱酵升溫達攝氏66～70度左右，在此期間，不宜採用人工蒸汽加溫。

至其自動降溫至攝氏50度時，一般爲 7 ～ 8 天，此時如發現菇床表面過乾，可酌予補水，然後再酌加 4 ～ 6 小時蒸汽，使堆肥不再降溫即可。如發現加入蒸汽期間，堆肥有開始升溫現象時，應即停止加入蒸汽，以免加溫過當，失去自行醱酵保溫能力。

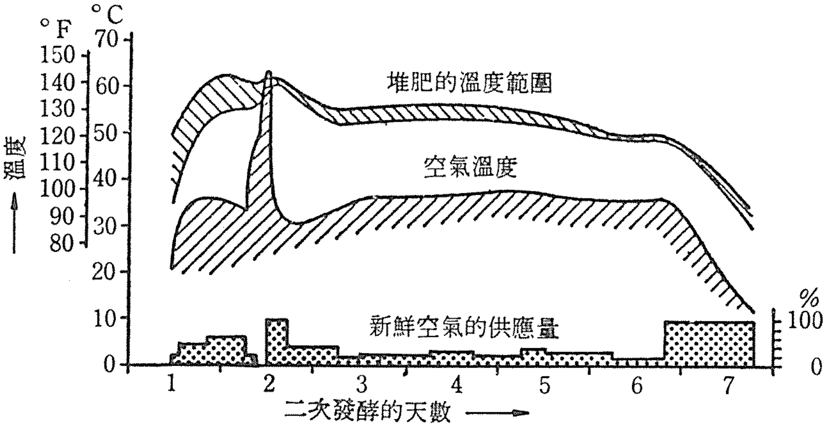
此後堆肥溫度在攝氏45～52度間，應保持 5 ～ 7 天。在此期間，如溫度快低於45度時，需再酌予加入蒸汽，以保持適當的溫度。不過一般正常在10月中旬前實施本方法，往往後醱酵期間完全不需人工加入蒸汽，即可達到堆肥與空氣所需的標準溫度要求。

一般在堆肥上床後24小時內，床溫會自動昇至 40～45°C 而室溫大致是在 35°C 左右，隨即通入蒸汽加溫，使室溫慢慢達到 57～58°C ，維持 3 ～ 4 小時，進行消毒作用



圖八、標準後醱酵過度控制模式

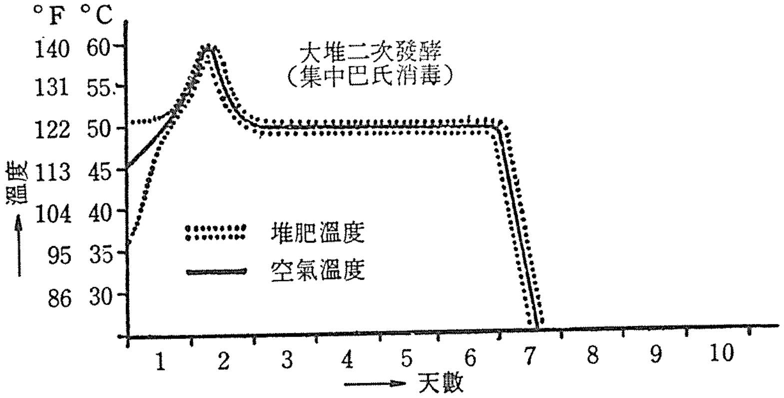
，此時堆肥之中心溫度，往往會提昇至 60～62°C ，為避免堆肥品質因溫度超溫過久而受害，應隨即減少通入蒸汽或完全關閉，使堆肥在 8 ～12小時內，降至 57～58°C ，以後再以每天降溫 1.5～2°C，至 55°C以下時，再以適量的蒸汽，使堆肥溫度維在 50°C左右，至全部過程在 7 ～ 8 天時，堆肥整體都會長滿灰白色之放射菌 (Actinomycetes) 及較化菌 (*Humicola* sp. 或 *Torula* sp.) ，隨即在堆肥表面輕輕洒一層冷水，然後開窗通氣，使床溫從 48～50°C 迅速降至 25°C 左右，以備下種。



圖九 Sinden–Hausar 式短期醱酵堆肥，箱式栽培後醱酵溫度控制模式

本式後醱酵時，在堆肥上床24小時內，如床溫在 40°C 以下，須即以蒸汽加溫，如床溫自行達 50°C 以上，則應通入外氣使其維持 40～45°C 之間，至24～36小時後，床溫可昇到 50～55°C ，即以蒸汽加溫，使達 60°C ，1 ～ 2 小時，進行消毒作用，此時之床溫都會昇至 60～63°C ，隨即可以關閉蒸汽，並供應大量之新鮮空氣，使床溫下降至 50～55°C 範圍，全部後醱酵過程在 7 天左右，堆肥完熟後，即予盡量通入外氣，使其盡速冷却至 25°C 左右，以便下種。

本式之後醱酵是在特製之隧道中進行，在堆肥裝妥後，堆肥溫度可自動昇至50～60°C ，如超過時應即引入適量之外氣，使保持 60°C 左右 3 ～ 4 小時，然後在 8 ～12小時內，使溫度再降至 50°C左右，維持 5 ～ 7 天，即可使堆肥成熟，並降溫至 25°C 以便下



圖十、隧道醱酵法堆肥，後醱酵溫度控制模式

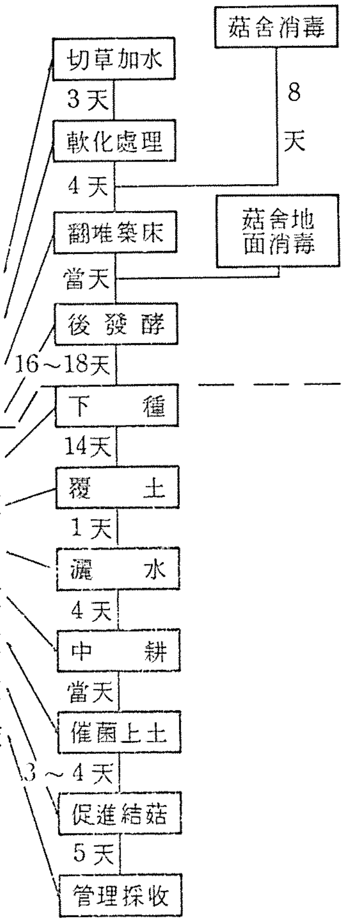
種。

四、洋菇之栽培管理：

國內外之洋菇栽培管理技術，近年已有很大的進步，這也是造成洋菇單位面積產量

表二、本省洋菇堆肥製作及栽培管理日程表

施工參考日期						
北部		中部		南部		
月	日	月	日	月	日	
10	10	10	20	11	1	第 1 天
10	13	10	23	11	4	第 4 天
10	17	10	27	11	8	第 8 天
10	17	10	27	11	8	第 8 天
11	4	11	14	11	26	第24～26天
11	18	11	28	12	10	第38～40天
11	19	11	29	12	11	第39～41天
11	23	12	3	12	15	第43～45天
11	23	12	3	12	15	第43～45天
11	27	12	7	12	19	第47～49天
12	2	12	12	12	24	第52～54天



倍增之主要因素之一，惟由於地區氣候及栽培設施之不同，在實施細則上亦有相當的差異，茲將本省及國外最近栽培管理技術分述如下，以供參考。

（一）本省之洋菇栽培管理

上表施工參考日期中的北部，以本省大安溪以北地區爲準，中部以臺中、彰化地區爲準，南部以嘉義、臺南地區爲準。

表中各實施日期，僅供參考之用，如配合地區特殊氣候或工作上的需要，可酌予適度調整實施日期。

又本表自下種以後之栽培管理部分，簡述如下：

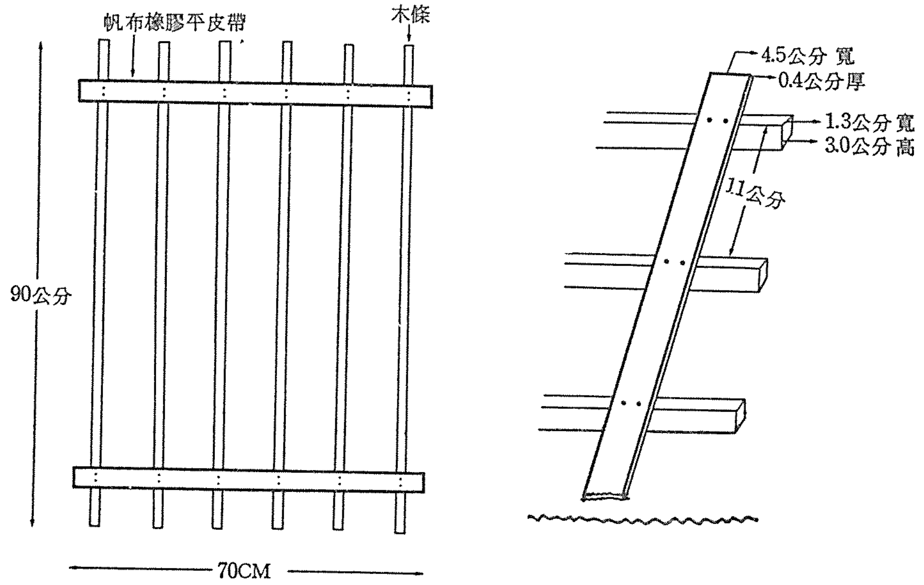
1. 下種後的管理：

下種後3天內，一般正常情況下，以盡量少通風爲原則，所以通常僅將南向或背風的高窗打開一個即可。但如遇有床溫升高達30度以上時，爲避免洋菇菌絲因高溫而受害，可酌予在床面覆蓋一層報紙，再開窗及通氣，借以降溫並保持適當的濕度。

第4天後，每天早晚各開窗通氣10～20分鐘即可，7天後，至床面已長滿洋菇菌絲時，即應酌量增加通氣，使床面稍呈乾燥，以防雜菌生長。

2. 覆土：

下種後12～14天左右，菌絲長滿菇床後，即可覆土，覆土前2～3天，需將床面乾燥的堆肥充分灑水，再行覆土，覆土時如無特殊技術者，可採用自行製作的覆土架實施覆土，覆土厚度以1～1.5寸爲宜。覆土架之製作如下圖。



圖十一、軟性覆土架之構造

3. 灑水：

覆土後1～3天內，實施3次9回的灑水法，即每天灑水1次，每次來回灑3遍，3天內計灑9遍，使覆土有機會吸收最大量的水分。

但第1天灑水時，就需將水量灑足，使水能達到覆土的最底部，第2、3天則視乾濕狀況再予補灑，至第4天用食指插入覆土底部抽出後，應有濕土黏附於指上，否則還

要補灑。在此４天內，菇舍需早、晚各開窗通風30～60分鐘。

4. 中耕：

灑水完成後的第２天，也就是覆土後的第６天，用釘耙將表土全面劃破，深達１公分左右，以切斷覆土的毛細管，提高保水力，以造成形成小菇體的最佳環境。

5. 催菌上土：

中耕後，即可將所有的門窗關閉，並實施內循環，一般經48小時後，也就是覆土後的第８天，菌絲已可伸達覆土中耕層之下，此時，再於覆土表面輕輕的噴１次水，再實施內循環１～２天，使菌絲大量聚生於覆土中耕層的下方，此時如有部分菌絲伸出土面，可酌予再用釘耙耙散。

在此期間，如遇特殊情況，室溫升至25度以上時，應開窗通氣。

6. 促進結菇：

催菌上土後，一般正常情況，約在覆土後10～12天左右，即可大量通風換氣，並設法降低床溫，使達22度以下，並隨時酌予輕輕補水。此時灑水程度，以不破壞中耕層表土的構造為準。

如此經過２天左右，菌絲先端即可結成菌絲團粒，再經２～３天，則可發育成小菇蕾，一般在此５天之內，需保持菇舍內空氣相對濕度在85～90%的高濕狀況，但床面的覆土却決不可灑水，否則形成的菌絲團粒及小菇蕾又會隨即轉化成菌絲或枯萎，影響產量至鉅。

7. 首期菇的管理：

待菇蕾發育達黃豆大小時，即可以開始灑水，灑水的程度以每天保持覆土的最大飽和量為適，與結菇前灑水後的覆土情況相同。

灑水時間，以每天早、晚較低溫時為佳。灑水前及灑水後，均應大量通風30分鐘以上，至菇體表面乾燥無水，以防水傷及病害發生。

在大量通風之後，除內循環之外，尚須隨時用低速壁扇排吸換氣，以防通風不足而窒息，影響產量。在採收前２天前，或菇信期（註）不宜再灑水，以防菇體採收時過量污染泥土，或影響下期菇的成長。

註：菇信：洋菇在週期的小菇體形成前，於菌床內的菌絲都會再重新發芽，且其呼吸量會突然增加３倍以上，而產生一般洋菇特有的氣味，瀰漫於菇舍，一般以嗅覺即可以查覺。同時在菇床覆土表面的土粒下，也可以明顯看到再重新發芽的新菌絲，這種特有的現象，筆者稱它為菇信。

8. 採收：

依所需大小規格，適時採收。一般１週期可以採收７天左右，其中以３～４天時最多，第４天後，將可採收的菇體盡可能提早採完，並將前數日採收時，留存在床面的菇頭及菌塊全部挖掉。

若在形成期有米粒大小的小菇體，因採收而鬆動移位者，可即補土灑水，靜待下期出菇，不宜清除，以免不必要的損失。但已成形的菇體如已枯萎，則應隨即清除，以免感染雜菌。

9. 次期菇的管理：

第１週期菇全部採完後即行補土及灑水。小菇體出土後的管理與第１期同。

10. 第 3 期菇後的管理：

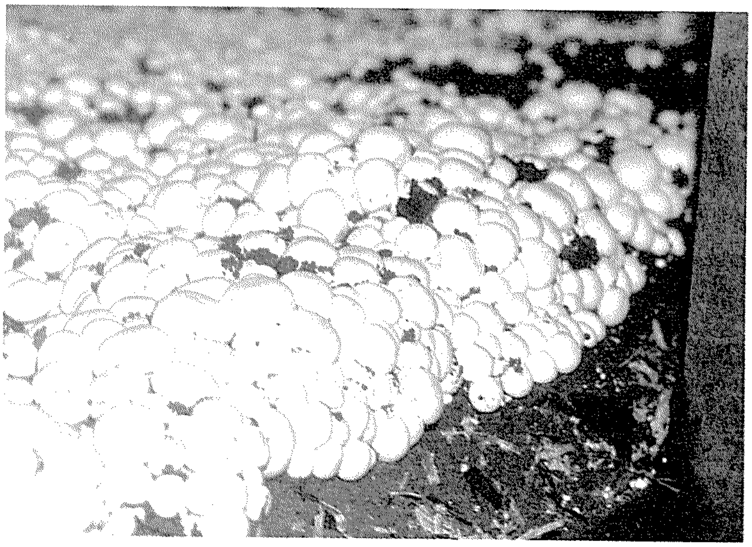
第 3 期菇往往有菇體變小的現象，菇體變小的原因大致有 2 ，一是由於第 1 、 2 週期採收後補水不足，二是由於床溫下降，且已低於室溫，失去「氣躍於淵，欣欣向榮」的因素。

此時應設法以內循環爲主，製造日夜溫差，提高床溫，並增加室內空氣相對溼度，對菇體的增大可得相當效果。

第 3 期菇採收後，需酌量減少灑水。若以手觸摸菇床上的菇體，如有粘粘的感覺，即表示菇床尚未缺水，反之在觸摸時已無粘感，即應少量補水。

本省在立春以後，或在相對溼度長時保持在85%以上時，更需注意通風及酌量減少灑水，以免堆肥黑變，影響後期產量。

在本省洋菇生產期間，最忌南風，因南風會帶來高溫多濕的東南氣流，使菇舍的氣溫長時間平於或高於床溫，使洋菇發生嚴重的枯萎，在菇舍未設溫度調節及其他有效克服方法前，最好是禁止灑水及設法增加通風量，以減少菇體甚至床內菌絲的死亡。



圖十二、本省洋菇栽培產菇盛況

（二）荷蘭之洋菇栽培管理

下圖是荷蘭根據當地之環境及設施條件，所設定之洋菇栽培管理標準。由圖中可以看出其栽培期間之溫度控制，新鮮空氣之供應量及噴水之標準等重要作業。

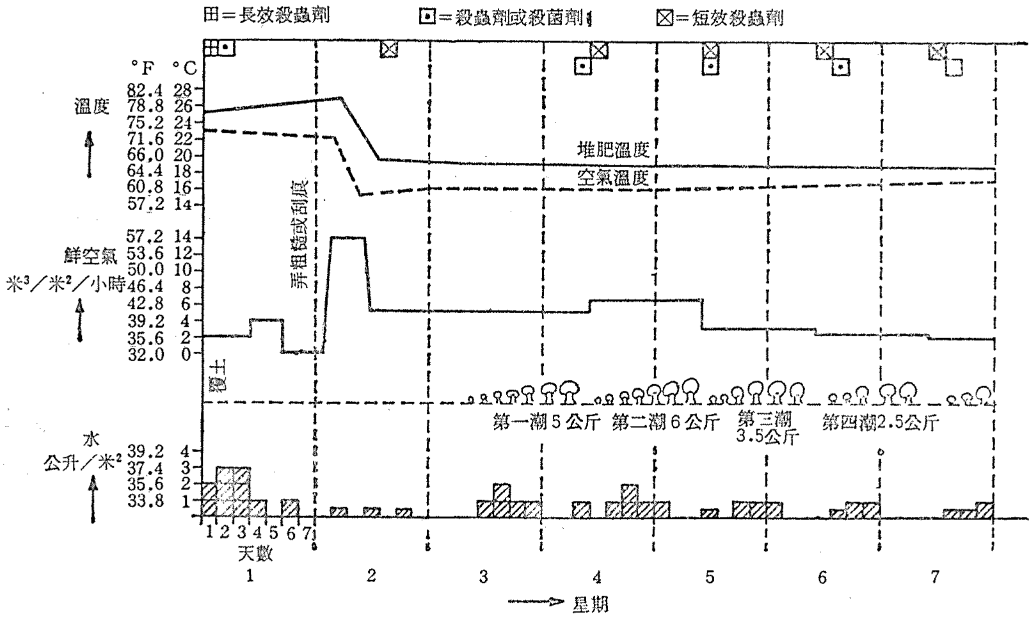
註：

1. 溫度控制：洋菇菌絲生長最適溫度約在 25～27°C 左右，故堆肥在下種至覆土後，亦應控制在這種溫度下，惟在出菇處理前，須降至 18～19°C ，以後維持空溫與床溫相差 2°C以上爲原則。

2. 通風量：菇床上每公斤之洋菇，需新鮮空氣爲 $1m^3$，內循環之空氣量爲新鮮空氣之三倍。

3. 噴水量：①自覆土層弄粗糙或刮痕，要使覆土層之含水量達70～75%。（覆泥炭土者可能，覆一般土者，一般只能達30%左右——筆者）

②從菇蕾形成時起，預計可採收一公斤之洋菇即須噴洒1公斤的水，一般的情況，第1～2週期之洋菇產量較高，第三週期後，產量會有明顯減少現象，故洒水亦須注意配合酌量減少。



圖十三、荷蘭之洋菇栽培管理工作示意圖

五、病蟲防治

(一) 本省洋菇病蟲害防治措施

洋菇栽培到目前爲止有很多病蟲害尚無藥劑可有效防治，一旦發生，輕者減產或影響洋菇品質，嚴重者無菇可收，實在非常可惜，故洋菇栽培必須重視預防勝於治療。事實上，病蟲害之發生與洋菇生長情形有密切關係，一般高產量者病蟲害發生率恆較少。不但病害如此，蟲害亦然。例如堆肥製作良好，在好氣性發酵，則沒有引誘害蟲之特有臭味，自然蟲害發生率就很少。因此，栽培管理及病蟲害預防工作必須依照推廣方法徹底施行，絕不可存有僥倖心理或偷工減料、馬馬虎虎之情形發生，如果能從環境衛生、菇舍消毒、覆土消毒以及做好堆肥醱酵等工作，均能減少病蟲害之發生，栽培期中應隨時注意，如發現長菇不正常，不發菇或菇體畸型生長，含蟲體等情形，必須追究原因即早防治，不要讓它蔓延擴大。

洋菇病蟲防治對象甚多，例如在病害方面，本省常見之洋菇病害有綠黴病、褐斑病、褐菇病、腫柄病、腦菌病、歪頭病、軟腐病……等。蟲害方面，癭蠅、跳蟲、菇蟎、線蟲等，眞是不勝枚舉，實無法一一將各種病蟲對象說明其防治方法。僅將主要保護措施敍述如下：

1. 栽培前

（1）加强菇舍設備及環境衛生改善工作：

①菇舍裝設彈簧雙重紗門，門窗開孔處均應裝設32目紗網。

②菇舍內部舖設水泥或石灰地面，防止蟲體潛伏。

③確實使菇舍充分密閉並應保持菇舍四週環境清潔。

④竹材應經防腐處理，並裝置機械通風。

（2）菇舍消毒：

①菇舍未栽培前經常保持通風乾燥，堆肥上床前1至2週，菇舍內部先大掃除後，以「福馬林」加「高錳酸鉀」燻蒸消毒，其方法為每棟菇舍（50坪）用700cc 「福馬林」（應含35～40%甲醛）放在容器中，另以 350公克之高錳酸鉀用衛生紙包好，放進「福馬林」中，燻蒸時，應將門窗關閉一天。

②以50%馬拉松乳劑之50倍稀釋液，噴佈菇舍外壁，每隔一個月噴一次，以50坪菇舍每次用馬拉松 160cc ，預防害蟲侵入。

（3）堆肥處理：

①注意堆肥後醱酵溫度需達攝氏60度左右（包括室內空間溫度）以便殺死潛伏之病菌與害蟲。

②堆肥最後一次翻堆時，以 65.7 %「美賜平」乳劑（Methoprene 65.7%） 1,000～3,000倍稀釋液充分混拌，然後再上床進行後醱酵，每棟使用0.1公升，以預防瘿蠅幼蟲之發生。

（4）覆土消毒：

以下三種方法任選一項方法處理：

①以「福馬林」（含35～40%甲醛）50倍稀釋液消毒，並用塑膠布覆蓋24小時，再將土壤散開7天，俟「福馬林」氣味完全消失後方可使用。

②每坪覆土（風乾土）施用85%「遞隆」可濕性粉劑 1,000 倍稀釋液7～8公升均勻混合，經7～10天後施用。

③氯化苦處理：覆土粉碎後，將每棟（50坪）菇舍所需之土壤 5,000 公斤作成5尺寬2尺高之圓土畦，在畦兩旁以竹桿打約 250個小洞穴，灌注「氯化苦」，每穴 1cc ，所需藥劑為 250cc，灌注後以塑膠布覆蓋2天後 ，掀開翻動土壤，7～10天後檢查土壤無臭味時即可覆土。

2. 栽培中

（1）菇床覆土後出菇前，配合灑水每坪施用50%「貝芬替」或40%「腐絕」可濕性粉劑1公克，1,000～3,000 倍稀釋液以預防褐痘病（腫柄病）、褐斑病、綠黴病及褐腐病。萬一發病時，可施用上述藥劑，輕者每坪施用1公克，重者2公克，稀釋倍數視覆土乾濕度而定，1,000～3,000倍均可。

（2）褐斑病發生嚴重地區，菇床覆土後出菇前，每坪施用「四氯異苯腈」(Daconil) 3公克稀釋 1,500 倍，用以預防。栽培期間發病時，於每次採收期結束後，全面清除菇床，每坪以四氯異苯腈3公克 1,500 倍液噴灑菇床，隔2星期後再以同法施藥1次，並應注意通風管理。

（3）下種後覆土前，菌絲發育中期（即下種後1週）菇床先覆以舊報紙，每棟菇舍（50坪）以50%無臭馬拉松粉劑200公克 1,000倍液噴灑菇床及菇舍各角落，以預防瘿蠅為害，採收1個月後，每星期每次每棟菇舍施用50%無臭馬拉松粉劑100公克之1,000倍噴灑菇床，連續3次。

（4）如發現有黑翅菌蠅時，於下種後或每採收週期末菇床上菇體較少時，在通風機機口用棉花或布類注滿50%二氯松 100cc（50坪菇舍），即開動通風機將藥劑抽入菇舍內，經約10至15分鐘，通風機改爲內循環，維持燻蒸2至3小時，然後再對外排氣。

（5）如有跳蟲發生時在地面及牆角等處噴佈50%二氯松乳劑 3,000倍液，但注意切勿噴灑於菇床上。

（6）嚴防菇床堆肥溫度上升，並注意通風以防止腦菌病發生，如發現局部發生時，應於發病部位及周圍距離60公分之內，均勻施佈硝石灰粉末，每坪1至2公斤，並予以隔離，停止澆水。

3. 栽培後

（1）洋菇採收後所剪除之菇脚及廢棄的菇體，須儘速搬離菇舍燒燬，或埋入土中，以免誘發病蟲害。

（2）採收完畢後，儘快搬走堆肥，打掃菇舍，保持菇舍清潔。

（3）發生病蟲害之菇舍，堆肥清除之前應以「福馬林」或其他藥劑燻蒸消毒。

（4）未經推廣之藥劑切勿任意使用，以免發生農藥殘毒問題，詳細請參閱「洋菇病蟲害防治方法手册」，

（二）荷蘭之洋菇病蟲害防治措施

在堆肥堆製，後發酵及下種、覆土、採收期間，除做好環境衛生的措施外，並施予適當的化學藥劑以作防治之用。惟各國對洋菇栽培之用藥，有不同的條例規定，以下是荷蘭獲得批准者列表於下：

表三、荷蘭洋菇病蟲害與防治用藥說明表

藥物名稱	防治對象	使用方法	商標
苯菌靈（苯來特、苯幷咪唑）	濕泡病及乾泡病蛛網霉褐霉等	覆土後每100平方米面積每100升水中溶有150克藥物的藥液噴射	Benlate
蟲蟎威（呋喃丹、卡巴呋喃）	蠅、蚋類	覆土後一天，每平方米面積用顆粒狀的該藥物20克撒混之	Dacomyl
多菌靈（棉萎靈、苯幷咪44號）	濕泡病及乾泡病蛛網霉綠霉	覆土後，每100平方米噴以 100升含 100克藥物的溶液	
百菌清	乾泡病	覆土後和經過兩星期各以每 100 平方米用100升含200克藥物的水溶液噴射	多種
氯	細菌性病 斑泡病	加入水中或噴水後再噴預防劑：5%氯水250毫升或15%氯水80毫升混入100升中，控制防治：將濃度加倍，於第一菇潮後使用	
二嗪農（地亞農）	蠅類	堆料時，每翻堆一次用2%粉劑撒混於堆內，每噸堆料，使用總量不宜超過約1公斤	
	蚋類	二次發酵期：在二次發酵之前，噴粉於菇房地板上	
	蟎類	生長期中：在菌絲增殖及覆土之前，噴粉。覆土之後：每100平方米用200克藥物溶於100升水中噴之	

藥物名稱	防治對象	防治方法	商標
敵敵畏 Diehlorvos	蠅類 蚋類 蟎類	採菇之前兩天進 行熏蒸或噴霧	
開樂散（三氯殺蟎醇、蟎淨）	蟎類	播種之後每100平方米撒200克藥粉。覆土後，每100平方米用100升水含150克（18.5%）藥物的溶液噴射	
硫丹	蠅類 蚋類 蟎類	播種到覆土後，立即用10升中含 300克藥物的水溶液噴於 100平方米面積上，或用30升含700毫升藥物的水溶液噴之	
甲醛	霉菌類 細菌類 線蟲類	1.覆土消毒劑： 每立方米覆土約用 1 升工業用甲醛（如需要亦可先用水稀釋），覆蓋以塑料薄膜，使其完全滲透二天，隨後翻動通氣 2.覆土時，每立方米覆土約$^1/_2$～$^1/_4$升甲醛，用水稀釋，噴於菇床，並把菇房關閉一夜，然後強烈通風 3.第二菇潮之後，可於菇潮之間，噴以0.2～0.3%甲醛液防治細菌性病斑、霉菌、泡病等 4.器具消毒：用 2 升甲醛混於 100升水中來冲洗 5.在菇床上覆蓋用 0.5%甲醛液浸濕的紙，每星期噴濕二次，滅除萌發或未萌發的孢子	工業用甲醛
馬拉硫磷（馬拉松、四〇四九）	蠅類 蚋類 蟎類	用法可參照二嗪農 覆土後直到十天為止，當菌絲生長時期可噴霧粉或熏蒸	
代森錳鋅	乾泡病、濕泡病	覆土後各菇潮間，於收菇之後隨即每平方米用 1 克粉劑撒布	
代森錳一代森鋅	泡病	參照代森錳鋅使用法	
五氯酚鈉	頂枯病	僅用於生產後期處理木製品，用加以純碱的 2 %五氯酚鈉劑液噴洗，讓其滲透過夜，再用大量水冲洗	
定菌磷	乾泡病	覆土後和菇潮間每100平方米用100升含50毫升藥劑的水溶液噴射	
除蟲菊＋增效醚	蠅類 蚋類	採收前二天內不要進行噴霧	
五氯硝基苯	蛛網霉 軟腐病	在栽培階段，對傳染部位進行撒粉或噴霧，如果感染尚在持續，覆土後進行預防性輕度撒粉	
硫特普（治螟螟治螟靈、蘇化203）	蠅類 蚋類	採收前兩天內不要使用，一小盒可供 100立方米熏蒸之用	Bladafum 熏蒸盒
甲基托布津	濕泡病、乾泡病 蛛網霉等	覆土後每100平方米用100升含 202克藥物的水溶液噴霧	
敵百蟲	蠅類 蚋類	在堆製時於堆料與堆料場進行噴射	
代森鋅	泡類	覆土後，各菇潮間，採收時，每 100平方米用100克撒布	

六、檢討與結論

由以上國內外洋菇堆料製作之演進可以看出，快速、省工及提高單位面積產量之堆肥製作法，為一共同之方向，惟堆積製作時間越短之方法，所須技術層面越高，故在大量採用時，栽培者應慎重選擇或漸進更新，才不致有失。其中尤以有機材料，如鷄糞、米糠、豆餅等材料之轉化問題，需有充分的瞭解，才不致施用後引發嚴重之病蟲害，反而造成減產之主因。

一般實際之經驗使用鷄糞為材料者，原則上必須打碎，再與堆肥材料堆積12天以上，然後進行 7 天之後發酵。如實施短期間之室外堆積者，則後發酵之時間必須延長，使前堆積發酵與後發酵日數之和為20天左右。至於米糠、豆餅等，需在後發酵前24小時內施用者，必須特別注意，在施用前12小時，加入50%之水，使其有適當的潤性，才不致在施用加水時結成多量之小塊，該小塊往往有部分在堆肥製作完成洋菇下種前尚未被分開，而致成為誘發病蟲發生之主因之一。

洋菇堆肥材料之堆積，一般都採用寬 1.8m，高 1.5m 左右之長條狀堆積法，由圖三、四，所謂煙囱效應，及「分區狀況」可以看出，A層低溫不發酵區與D層嫌氣發酵區所佔之量相當多，這也是需要增加翻堆次數及堆積日數的原因之一，如採用本省研究推廣之小堆連堆堆積法」（如圖五、六），則「A層低溫不發酵區」，理論上，最少可以減少53%以上，如以實際觀察所得，除前後兩堆之上表「A層低溫不發酵區」外，其他各堆幾乎已很少有低溫不發酵區之存在，故其所佔比率，更可減達70%以上。至於「D層嫌氣發酵區」，以「小區連堆堆積法」堆積者，更可減少至幾乎沒有。惟這種堆積法，必須注意以下要件：(1)每堆之寬度為75～90cm，高度為 1.5m 左右；如寬度太大，則嫌氣發酵區必然增加。(2)堆積時，保持自然鬆堆，不可踏緊，(3)一堆堆妥後，再緊靠堆下一堆，中間不須留有空隙，但絕不可全部堆成一堆。

後發酵是洋菇堆肥製作成敗最重要之一環，由圖七～十中，可以看出各種堆肥及栽培條件之不同，後發酵之溫度控制亦有相當的差異，如圖七，實施菌床發酵者，因米糠等之有機材料，係在堆肥上床前24小時內加入，故堆肥在菇床上，可自行昇高達 70°C 左右，這種方法最大的優點是：以適當時間加入之有機材料，以其發酵產生之熱量取代一般後發酵須用之人工加熱能源（如柴油等……），不但成本較低，而且後發酵完成後可當作洋菇生長所須之養料。也間接促進了洋菇單位面積之增產。

洋菇栽培管理方面，國內外都已有相當的認知，其中溫度、濕度、灑水及二氧化碳等之研究技術資料，已廣被利用，為使下種後之洋菇菌絲生長良好，乃以控制溫度在25～27°C, CO_2 在 2 %左右，待要促進出菇時，則需急速降溫及排除 CO_2，使菇床的溫度降到 22°C, CO_2 降到 0.5%，室內空氣中之 CO_2 含量 0.05%左右，相對濕度90%左右之最佳結菇環境條件。維持 48小時左右，然後再以每天調低 1°C 為原則，使床溫達16～18°C，則必可奠定高產之最佳基礎。

但本省在沒有任何空調設備，完全須依靠天候之情況下，各地區之栽培者，對栽培下種時期之選定，出菇處理前氣象預報資料之收集，應予愼重，否則須降溫時，因氣溫太高，無法調節，造成低產之必然現象。但對於已選定最佳安全下種期者，也往往會因氣候之反常，在預定降溫日期，氣溫太高而無法降溫，為避免降溫處理之不順，得參考

氣象局發佈資料，酌予變更促進出菇處理期，這種權宜之變更，雖必然會造成減產，但比不變更要有利得多。

病蟲害之防治，除做好環境衛生條件外，施予適當的藥劑防治也是相當必要，否則往往採收１～２周期菇後，菇床之菌絲即告漸漸消失而呈黑變，對產量當有嚴重的影響，目前荷蘭之栽培亦有嚴密之施藥措施（如圖十三），而本省也有很好之防治資料，但近年在實施上部份栽培者，有逐漸疏忽的現象，而致造成病蟲害之猖獗，影響產量至鉅，有待加强以確保洋菇之豐產。

参考文獻：

1. Atkins, F. C(1966), Mushroom growing today. 188 Faber and Faber Limited, 24 Russell Square, London.
2. Carapiet George, (1981), Phase II or cookout, Mushroom Science XI, Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi. P. 311—318.
3. Kligman, A. M. (1950), Handbook of Mushroom Culture. 365. Business Press INC Lancaster, Pinnsylvania.
4. Laborde, J. et, (1987), Indoor Static Composting: Process and Main Data. XIIth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi Abstracts. P. 88.
5. Minnigerode, H, F. von (1981). A method for controlling and regulating the composting process, Mushroom Science XI, Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi P. 265—278.
6. Morris E. Schroeder, (1988), Ventilation and Cooling Requirements for the Button Mushroom, Mushroom News P. 12—15.
7. Perrin, P. S. and R. H., Gage (1987), Controlled Environment Composting, XIIth International Congress on the Science and Culltivation of Edible Fungi Abstracts, P. 113.
8. Shieh Neng (1981), A Compost Fermentation method by means of forced air circulation. Mushroom Sicence XI, P. 279—292.
9. Vedder, P. J. C. (1978), Composting, Modern Mushroom Growing. P. 165—227.
10. 胡開仁，1956，西洋菌培養法，農復會編印，P. 8。
11. 宋細福、胡開仁，1968，洋菇堆肥堆積方法之改進研究，臺灣省農業試驗所試驗報告第25號，P. 21—29。
12. 何銘樞，1972，最新洋菇栽培理論與實際，瑞成書局，P. 113。
13. 施明山、宋細福、胡開仁，1974，洋菇堆肥短期醱酵及實際栽培技術之研究，臺灣農業季刊，10(3)。
14. 胡開仁、宋細福，1974，放射菌與洋菇及堆肥中幾種微生物生長關係之研究，農業

研究，23(3)。
15. 洋菇試驗研究資料編輯委員會，1975，洋菇栽培要覽，33。
16. 宋細福，1976，洋菇堆肥短期醱酵方法，農林廳，省農會編印，12。
17. 宋細福，1977，洋菇堆肥菌床發酵法之研究，科學發展月刊，第五卷第九期， P. 762—771。
18. 宋細福，1985，洋菇專業栽培技術，農民淺說， 30—8A ，—園藝70，農委會，農林廳編印，P. 1—78。